

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 8月 9日

出願番号

Application Number:

特願2002-232227

[ST.10/C]:

[JP2002-232227]

出願人

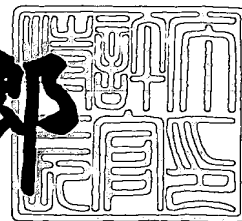
Applicant(s):

トヨタ自動車株式会社

2003年 5月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3034127

【書類名】 特許願
 【整理番号】 PA14F134
 【提出日】 平成14年 8月 9日
 【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
 【国際特許分類】 F01L 9/04
 F02D 13/02

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 小木曾 誠人

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 山田 智海

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 110000028

【氏名又は名称】 特許業務法人 明成国際特許事務所

【代表者】 下出 隆史

【電話番号】 052-218-5061

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 133917

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0105457

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可変動弁系を有する内燃機関の運転制御

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の運転を制御する制御装置であって、
前記内燃機関は、

吸気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構と、

吸気管の負圧を変更可能なスロットル弁とを備えており、

前記制御装置は、

前記開弁特性を制御する弁制御部と、

前記スロットル弁の開度を制御するスロットル制御部と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御部およびスロットル制御部の
少なくとも一方を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御部とを
備え、

前記スロットル制御部は、前記弁制御部による吸気量の制御が行われる第 1
の運転状態におけるスロットル開度を、少なくとも該第 1 の運転状態において前
記開弁特性が定常状態にある条件下で前記吸気管内が大気圧を保持できる開度範
囲において、該第 1 の運転状態と前記スロットル制御部のみによる吸気量の制御
が行われる第 2 運転状態との切り替え期におけるスロットル開度の連続性を保つ
て制御する制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の制御装置であって、

前記スロットル制御部は、前記開弁特性が変動している過渡期においても前記
吸気管内が大気圧となる開度範囲を保持する制御装置。

【請求項 3】 内燃機関の運転を制御する制御装置であって、
前記内燃機関は、

吸気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構と、

吸気管の負圧を変更可能なスロットル弁とを備えており、

前記制御装置は、

前記開弁特性を制御する弁制御部と、

前記スロットル弁の開度を制御するスロットル制御部と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御部およびスロットル制御部の少なくとも一方を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御部とを備え、

該吸気量制御部は、前記スロットル制御部を用いた吸気量制御と前記弁制御部を用いた吸気量制御との切替が要求される場合、従前の吸気量制御に基づく前記内燃機関の出力が略定常状態に至った後で該切替を行う制御装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の制御装置であって、

前記切替時の制御は、前記スロットル制御部を用いた吸気量制御から前記弁制御部を用いた吸気量制御への切替時に行われる制御装置。

【請求項 5】 内燃機関の運転を制御する制御装置であって、

前記内燃機関は、吸気弁および排気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構を備えており、

前記制御装置は、

前記開弁特性を制御する弁制御部と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御部を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御部とを備え、

前記弁制御部は、少なくとも一部の運転状態において、前記内燃機関の燃焼室容積が最小となるタイミングを挟んで、前記吸気弁が開き始めるタイミングと、前記排気弁が閉じるタイミングとが対称となるよう前記開弁特性を制御する制御装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 いずれか記載の制御装置であって、

前記弁制御部は、前記開弁特性が最小の時、前記内燃機関の排気弁が閉じた後に、前記吸気弁を開く制御装置。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 いずれか記載の制御装置であって、

前記内燃機関は、前記可変動弁機構を備えた複数の気筒を備えており、

前記弁制御部が制御すべき前記開弁特性の最小値は、全気筒が共通して達成可能な範囲で設定されている制御装置。

【請求項 8】 内燃機関の運転を制御する制御方法であって、

前記内燃機関は、

吸気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構と、
吸気管の負圧を変更可能なスロットル弁とを備えており、
前記制御方法は、

前記開弁特性を制御する弁制御工程と、

前記スロットル弁の開度を制御するスロットル制御工程と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御工程およびスロットル制御工程の少なくとも一方を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御工程とを備え、

前記スロットル制御工程は、前記弁制御工程による吸気量の制御が行われる第1の運転状態におけるスロットル開度を、少なくとも該第1の運転状態において前記弁制御部による開弁特性が定常状態にある条件下で前記吸気管内が大気圧を保持できる開度範囲において、該第1の運転状態と前記スロットル制御部のみによる吸気量の制御が行われる第2運転状態との切り替え期におけるスロットル開度の連続性を保って制御する制御方法。

【請求項9】 内燃機関の運転を制御する制御方法であって、
前記内燃機関は、

吸気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構と、

吸気管の負圧を変更可能なスロットル弁とを備えており、

前記制御方法は、

前記開弁特性を制御する弁制御工程と、

前記スロットル弁の開度を制御するスロットル制御工程と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御工程およびスロットル制御工程の少なくとも一方を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御工程とを備え、

該吸気量制御工程は、前記スロットル制御工程を用いた吸気量制御と前記弁制御工程を用いた吸気量制御との切換が要求される場合、従前の吸気量制御に基づく前記内燃機関の出力が略定常状態に至った後で該切換を行う制御方法。

【請求項10】 内燃機関の運転を制御する制御方法であって、
前記内燃機関は、吸気弁および排気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変

動弁機構を備えており、

前記制御方法は、

前記開弁特性を制御する弁制御工程と、

前記内燃機関への要求出力に応じて前記弁制御工程を用いて、前記内燃機関への吸気量を制御する吸気量制御工程とを備え、

前記弁制御工程は、少なくとも一部の運転状態において、前記内燃機関の燃焼室容積が最小となるタイミングを挟んで、前記吸気弁が開き始めるタイミングと、前記排気弁が閉じるタイミングとが対称となるよう前記開弁特性を制御する制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、吸気弁が開いている期間と、スロットル開度の2通りで吸気量を調整可能な内燃機関の運転制御に関する。

【0002】

【従来の技術】

吸気弁および排気弁に電磁弁を採用することで、これらの弁が開いている期間（以下、作用角と呼ぶ）、リフト量および位相を変えることができる内燃機関がある。かかる内燃機関では、吸気弁の作用角とスロットル開度の2通りで、吸気量を制御することができる。

【0003】

作用角とスロットル開度を使い分けて吸気量を制御する技術としては、次の技術が挙げられる。特開2001-159355号公報には、高負荷領域において作用角とスロットル開度を併用し、低負荷領域においてスロットル開度を用いて吸気量を制御する技術が開示されている。特開2001-221094には、アイドル運転時に、作用角による吸気量制御と、スロットル開度による吸気量制御とを使い分けるとともに、両者の切換過渡期において、フィードフォワード制御によってトルクショックを抑える技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の技術では、通常の運転時において、作用角による吸気量制御をしている最中や、かかる制御とスロットルによる吸気量制御との切換時にトルクショックが生じることが多かった。従って、作用角による吸気量制御の実装には、まだ改善の余地が残されていた。本願は、かかる課題に鑑み、内燃機関において作用角による吸気量制御を用いる場合に生じるトルクショックを抑制することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

本発明は、吸気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構と、吸気管の負圧を変更可能なスロットル弁とを備える内燃機関を制御対象とする。かかる内燃機関を制御するため、本発明の第1の制御装置は、吸気弁の開弁特性を制御する弁制御部と、スロットル弁の開度を制御するスロットル制御部と、内燃機関への要求出力に応じて開弁特性およびスロットル弁開度の少なくとも一方を用いて、吸気量を制御する吸気量制御部とを備える。開弁特性による吸気量の制御が行われる第1の運転状態におけるスロットル開度は、次の2つの条件下で制御される。第1の条件は、少なくとも第1の運転状態において開弁特性が定常状態にある条件下で、吸気管内が大気圧を保持できる開度範囲であることである。第2の条件は、第1の運転状態とスロットル制御部のみによる吸気量の制御が行われる第2運転状態との切り替え期において、スロットル開度の連続性が保たれることである。

【0006】

開弁特性による吸気量制御と、スロットル開度のみによる吸気量制御との切り替え時にトルクショックが生じる要因の一つとして、開弁特性の変化、およびスロットル開度による吸気量制御の応答性の低さにより吸気管内の負圧が変動し、吸気量の目標値に対し過不足が生じることが挙げられる。例えば、スロットル開度によってのみ吸気量が制御されている第2の運転状態から、開弁特性を変化させて吸気量を更に増やすことによって出力を増大させる場合を考える。一般に吸気量制御に対して、スロットル開度制御は開弁特性制御よりも低応答であり、例

えば、スロットル開度を定常運転なら大気圧を維持可能な開度で変化させつつ、開弁特性を変化させて各気筒の吸気量を増大させようとしても、スロットル開度の変化に吸気管圧力の変化が追従しない結果、吸気管内の圧力が低くなり吸気量が目標値に対して不足することがある。逆に、吸気弁による吸気量制御が行われている第1の運転状態から第2の運転状態への移行時には、スロットル開度による吸気量制御の応答遅れから、吸気量が目標値に対して過剰となることがある。これらの過不足が、トルクショックを招くことになる。

【0007】

上記制御によれば、開弁特性による吸気量制御と、スロットル開度による吸気量制御との切り替え時にスロットル開度が連続となるよう制御されるため、スロットル開度による吸気量制御の応答遅れを緩和することができる。また、切り替えは、吸気管圧力が大気圧に保持された状態で行われるため、吸気管圧力の追従遅れに起因する吸気量の過不足を緩和することができ、トルクショックを抑制することができる。

【0008】

なお、開弁特性は、吸気弁の開き状態を表すパラメータのうち、吸気量に影響を与えるもの、例えば、吸気弁が開いている開期間、および吸気弁の開き量などによって特定することができる。スロットル開度が連続とは、必ずしもスロットル開度が滑らかに変化することまでを要求するものではないが、スロットル開度を滑らかに変化させる制御を行えば、トルクショックをより軽減することができ、好適である。

【0009】

上記制御の一例として、開弁特性による吸気量制御を行う場合には、スロットル弁を全開にしてもよい。吸気管内を大気圧に保持するために必要なスロットル開度は、必ずしも全開とは限らない。従って、上記制御の適用時には、吸気管内を大気圧に保持可能な範囲で、かつ、スロットル弁のみによって吸気量を制御する領域からスロットル開度が連続的に変化するように、スロットル開度を制御することが好ましい。こうすることにより、スロットル開度の急激な変化に伴うトルクショックの可能性を抑制することができる。

【 0 0 1 0 】

スロットル弁は、開弁特性が定常状態にある時だけでなく、更に、変動している過渡期においても吸気管内が大気圧となる開度に保持することが好ましい。こうすることにより、過渡期においてもトルクショックを抑制することができる。スロットル弁の開度は、定常状態において大気圧を保持可能な開度よりも大きくなる。例えば、実用上、要求される最大の速度で開弁特性を変動させた上で、大気圧を保持可能なスロットル開度を実験的または解析的に特定することで、設定可能である。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 2 の制御装置は、スロットル開度による吸気量制御と開弁特性による吸気量制御との切換が要求される場合、従前の吸気量制御に基づく内燃機関の出力が略定常状態に至った後で切換を行う。こうすることにより、切換時のトルクショックを抑制することができる。例えば、スロットル開度から開弁特性への切換を行う場合を考える。従前の制御、即ち、スロットル開度に基づく吸気量が定常状態に落ち着いていない状態で切換を行えば、吸気管圧力が不安定であるため、過渡的に吸気量の変動、ひいてはトルクショックを招く可能性がある。これに対し、スロットル開度による吸気量が定常状態となってから、切換を行えば、かかる要因によるトルクショックを抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

上述の制御は、特に、吸気管圧力に基づいて空燃比の制御を行っている場合に有用である。また、比較的低負荷での運転中、即ち、スロットル開度が比較的小さい状態で、燃焼改善などの目的で開弁特性による吸気量制御を適用する場合に有用である。

【 0 0 1 3 】

上述の制御において、切換とは、スロットル開度による吸気量制御、開弁特性による吸気量制御という二つの制御モードの適用状態が変更されることを広く意味する。従って、スロットル開度から開弁特性への切換、開弁特性からスロットル開度への切換、スロットル開度と開弁特性の併用からいずれか一方のみへの切換、いずれか一方のみから併用への切換が含まれる。

【 0 0 1 4 】

本発明の第3の制御装置は、吸気弁および排気弁が開いている開弁特性を変更可能な可変動弁機構を備えた内燃機関を制御対象とする。第3の制御装置は、少なくとも一部の運転状態において、内燃機関の燃焼室容積が最小となるタイミングを挟んで、吸気弁が開き始めるタイミングと、排気弁が閉じるタイミングとが対称となるよう各弁の開弁特性を制御する。内燃機関の燃焼室容積が最小となるタイミングとは、例えば、ピストン型のエンジンであれば、上死点となる時点を意味する。対称とは、例えば、吸気弁が開き始めるタイミングが、上死点よりも早い場合には、排気弁が閉じるタイミングは、それと同じだけ、上死点から遅くなることを意味する。吸気弁が開き始めるタイミングが、上死点よりも遅い場合には、排気弁が閉じるタイミングは、それと同じだけ、上死点から早くなることを意味する。

【 0 0 1 5 】

こうすることにより、燃焼後のガスを再度燃焼させる内部排気環流（以下、内部EGRと呼ぶ）の量を安定させることができる。例えば、排気弁を上死点よりも早く閉じる場合には、気筒内に閉じこめられた排気が内部EGRとなる。この内部EGR量は、吸気弁の開きタイミングが上死点から遅れることによる吸気損失とほぼ相殺され、内部EGRによる効果を安定的に得ることができる。排気弁を上死点よりも遅く閉じる場合には、吸気弁が上死点よりも早く開いているため、吸気管に排気が逆流した後、気筒内に再吸入されることにより内部EGRによる効果を安定的に得ることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明では、上述した第1～第3いずれの制御装置においても、開弁特性が最小の時、内燃機関の排気弁が閉じた後に、吸気弁を開くようにすることが好ましい。かかる開閉タイミングは、換言すれば、排気弁が閉じる際には、排気弁と吸気弁の双方が開いている期間が存在しないことを意味する（以下、かかる状態をマイナスオーバーラップと称する）。開弁特性が広げられた状態においてまで、マイナスオーバーラップが維持されている必要はない。マイナスオーバーラップを適用することにより、先に説明した内部EGRにより、エミッションの低下、燃費の

向上を得ることができる。

【0017】

本発明において、内燃機関が複数の気筒を備えている場合には、全気筒が共通して達成可能な範囲で開弁特性の最小値を設定することが好ましい。更に、開弁特性の最大値も全気筒が共通して達成可能な範囲で設定することがより好ましい。一般に、複数の気筒が備えられている場合、製造誤差等により、実現可能な開弁特性は、気筒ごとに異なることが多い。全気筒が共通して達成可能な範囲で、開弁特性を設定することにより、内燃機関の出力をより安定させることができる。

【0018】

上述した第1～第3の制御は、適宜、組み合わせて適用してもよい。また、本発明は、内燃機関の制御装置としての態様の他、内燃機関の制御方法など種々の態様で構成することが可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態につき、以下の順序で説明する。

A. 装置構成：

B. 吸気制御用マップ：

C. エンジン運転制御：

【0020】

A. 装置構成：

図1は実施例としてのエンジンシステムを示す説明図である。本実施例のエンジンシステムは、車両に搭載された4気筒のガソリンエンジンと、その運転を制御する制御ユニット100から構成される。図中では、説明の便宜上、ガソリンエンジンの各気筒に、#1～#4の記号を付した。

【0021】

制御ユニット100は、内部にCPU、RAM、ROMを備えるマイクロコンピュータとして構成されている。CPUは、ROMに備えられたプログラムに従って、ソフトウェア的にガソリンエンジンの動作を制御する。制御ユニット100

0には、この制御を行うために種々の信号が入出力される。図中では、代表的なもののみを示した。入力信号としては、アクセル開度センサ21によって検出されるアクセルペダルの踏み込み量、回転数センサ23によって検出されるエンジンの回転数などが含まれる。出力信号については、エンジンの構成と併せて順次説明する。

【0022】

#1の気筒を例にとって、エンジンの構造を説明する。エンジンは、燃焼室で燃料を燃焼させて動力を出力する。燃焼室に空気を吸入するための吸気管17には、吸気弁11が設けられている。空気は、吸気弁11が開いている間、燃焼室に導入される。本実施例では、吸気弁11の開閉は、制御ユニット100からの制御信号に基づき、アクチュエータ14によって制御される。

【0023】

吸気管17には、燃料を噴射するためのインジェクタ16が設けられている。本実施例では、吸気管17に燃料を噴射するポート噴射タイプのエンジンを例示しているが、いわゆる直噴タイプのエンジンを用いても構わない。制御ユニット100は、吸入空気量に応じてインジェクタ16を制御し、正常な燃焼が行われるよう適量の燃料を噴射させる。

【0024】

燃焼室内には、点火プラグ13が設けられている。燃料と空気との混合気は、燃焼室内で圧縮された後、点火プラグ13によって点火される。制御ユニット100は、エンジンの回転数、要求負荷等に応じて、点火時期を制御する。

【0025】

燃焼後の排気は、排気管18から排出される。排気管18には、排気弁12が設けられている。排気弁12の開閉は、アクチュエータ15によって制御される。

【0026】

煩雑化を避けるため、図示を省略したが、#2～#4の気筒も、#1と同様の構造である。

【0027】

エンジンから出力される動力は、燃焼室への吸気量によって変動する。本実施例では、吸気量は、2通りの方法で制御される。一つは、吸気管17の負圧である。＃1～＃4の吸気管は、上流でインテークマニホールドに接続されている。インテークマニホールド内には、スロットル弁22が設けられている。制御ユニット100がスロットル弁22の開度を制御すると、吸気管の負圧が変動し、吸入空気量が増減する。例えば、スロットル弁22がほぼ全開の場合には、吸気管内は大気圧となり、燃焼室内に吸気されやすくなるため、吸気量が大きくなる。スロットル弁22を絞ると、吸気管内は大気圧よりも低い負圧となるため、燃焼室への吸気量は抑制される。

【0028】

本実施例においては、スロットル弁22の開度その他、吸気弁11が開いている期間およびリフト量によっても吸気量が制御可能である。図2は吸気弁および排気弁の動作を示す説明図である。クランク角度を用いて、それぞれの弁が開いている期間を示した。ピストンが上死点(TDC)にある状態から、図中で時計回りに回転し、下死点(BDC)に至るまでの期間が、吸気行程に相当する。BDCからTDCに至る期間が、排気行程に相当する。排気弁が開いている期間は、図中の塗りつぶしの矢印で示した範囲である。クランク角は、図示する通り、時計回りの方向を正として説明する。

【0029】

吸気弁が開いている期間は、図中の白抜きの矢印で示した範囲である。以下、この範囲を吸気弁の作用角と呼ぶ。図中に実線と破線で示すように、本実施例では、アクチュエータ14を制御することにより、作用角の大きさを変更することができる。また、吸気弁が開き始めるタイミング、即ち位相も変更することができる。作用角が大きい場合には、有効な吸気行程が実質的に長くなるから、吸気量が増大する。作用角が小さい場合には、有効な吸気行程が実質的に短くなるから、吸気量が低減する。

【0030】

スロットル開度による吸気量の制御は、比較的応答性が低いという特徴がある。インテークマニホールドで吸気管負圧を変更しても、その影響が各気筒への吸

気量に表れるまでに、若干の遅れ時間を要するからである。これに対し、作用角による吸気量の制御は、非常に応答性が高いという特徴がある。吸気量は、作用角の他、吸気弁のリフト量によっても制御することができる。以下、実施例では、作用角による制御を行う場合を例示するが、作用角に代えて、または作用角とともにリフト量を制御するものとしてもよい。

【 0 0 3 1 】

図示を省略したが、排気弁についても吸気弁と同様、作用角および位相を変化させることができる。排気弁の作用角および位相は、吸気弁と独立して変化させることが可能である。但し、本実施例では、原則的に吸気弁と対称となるように排気弁の作用角および位相を変化させるものとした。対称とは、吸気弁の開いている期間、排気弁の開いている期間が、図 2 中の T D C、B D C を結ぶ線に対称となることを意味する。例えば、吸気弁の開きタイミングが「 $-\theta$ (deg)」、即ち、T D C よりも θ (deg) だけ早く開き始める場合には、排気弁の閉じるタイミングは、T D C よりも θ (deg) だけ遅くなる。このように制御することにより、内部 E G R による効果を安定的に得ることができる利点がある。

【 0 0 3 2 】

T D C 近傍で、吸気弁と排気弁の双方が開いている期間をオーバーラップと呼ぶ。吸気弁の開きタイミングが、T D C よりも早くなるほど、オーバーラップの期間は大きくなる。逆に、吸気弁の開きタイミングが T D C よりも遅い場合には、オーバーラップは生じない。本実施例では、排気弁が閉じた後、吸気弁が開く状態をマイナスオーバーラップを称するものとする。

【 0 0 3 3 】

図 3 はオーバーラップによる効果を示す説明図である。トルクショック、N O x の排出量、燃費とオーバーラップ量との関係を示した。トルクショック、即ち、目標トルクに対する実際の出力の変動量は、図示する通り、マイナスオーバーラップの方が（例えば、領域 A）に比較的良好となる。N O x の排出量は、いわゆる内部 E G R の効果により、プラスのオーバーラップ、マイナスオーバーラップともに良好となる。燃費は、マイナスオーバーラップの場合に比較的良好となる。このようにマイナスオーバーラップは、内燃機関の運転上、有用であることが分かる。

【 0 0 3 4 】

以上で説明した構造を有するエンジンに要求される負荷に応じて、本実施例では、スロットルの開度によって吸気量を制御するモード（以下、「スロットル運転」と称する）と、吸気弁の作用角によって吸気量を制御するモード（以下、「バルブ運転」と称する）とを使い分ける。

【 0 0 3 5 】

B. 吸気制御用マップ：

制御ユニット 1 0 0 は、予め用意されたマップを参照して、吸気制御の切り換えを行う。図 4 は切り換え用のマップを例示する説明図である。本実施例では、エンジンの負荷に応じて切り換えを行うマップとなっている。このマップをエンジン回転数に応じて用意し、回転数および負荷に応じた切換を行うようにしてもよい。

【 0 0 3 6 】

左側には、負荷に応じて、吸気弁、排気弁の作用角を与えるマップを示した。負荷が低い状態では、TDC よりも十分前に排気弁が閉じ、TDC よりも遅く吸気弁が開く。排気弁の閉じタイミングと吸気弁の開きタイミングは、TDC を挟んで対称である。低負荷時には、吸気弁、排気弁の作用角は最小である。従って、吸気弁は、BDC よりも十分前に閉じ、排気弁は、BDC よりも遅くに開く。図中に、吸気弁および排気弁が開いている期間を、それぞれ方向の異なるハッチングで示した。低負荷時には、双方が同時に開いている期間は存在せず、マイナスオーバーラップの状態となっている。マイナスオーバーラップの量は、燃費が高くなるよう設定することが好ましい。

【 0 0 3 7 】

低負荷時には、作用角ではなく、スロットル開度によって吸気量が制御される。図中の右側に負荷に応じた吸気管圧力の変化を示した。負荷が大きくなるほど、スロットル開度が開けられるから、吸気管の圧力は負圧から高くなり、大気圧に近づく。これによって、吸気量は増大し、内燃機関の出力も増大する。

【 0 0 3 8 】

負荷が所定の閾値 Tch 以上となると、吸気管圧力がほぼ大気圧に到達し、ス

ロットル開度のみでは吸気量制御できない状態となる。閾値 T_{ch} 以上の高負荷領域では、作用角による吸気量制御に切り替えられる。図示する通り、高負荷領域では、吸気弁、排気弁共に負荷に応じて作用角が広がっていく。これに伴って、オーバーラップ量は、吸排気脈動を利用するため、マイナスからプラスに転じる場合が多い。

【 0 0 3 9 】

本実施例では、負荷に応じて作用角が線形に変化する設定としたが、非線形に変化させてもよい。また、本実施例では、吸気弁と排気弁の開弁特性が、TDCに対して対称となるように設定したが、かかる制約なく変化させても構わない。

【 0 0 4 0 】

本実施例では、低負荷時において、燃焼が悪化した場合に使用する補正用のマップも設定した。図中の直線 L_1 、 L_2 に示すように、低負荷時に燃焼が悪化した場合には、排気弁の閉じタイミングをTDCに近づけ、吸気弁の閉じタイミングをBDCに近づける。つまり、吸気弁、排気弁共に、閉じタイミングを遅らせる。開きタイミングは、固定とした。排気弁の閉じタイミングを遅らせることは、マイナスオーバーラップを小さくし、内部EGR量を低減させることにより、燃焼を安定化させる効果がある。吸気弁の閉じタイミングを遅らせることは、気筒内でのガスのミキシングを増大させ、燃焼を安定化させる効果がある。吸気弁の開きタイミングを遅い状態に維持しておくことにより、気筒内の圧力低減を図り、燃料の霧化を促進することができる。本実施例では、燃焼悪化時の補正を直線 L_1 、 L_2 のように予め設定しておくものとしたが、燃焼状況に応じて徐々に閉じタイミングを変化させるようにしてもよい。

【 0 0 4 1 】

図5は作用角の設定方法を示す説明図である。吸気弁の作用角の設定方法を例示した。本実施例では、図1に示した通り、#1～#4の4気筒を備えている。各気筒の吸気弁は、製造誤差などによって、開きタイミングおよび閉じタイミングの可動範囲にバラツキが存在する。図中では、各気筒の可動範囲をそれぞれ帯で示した。本実施例では、これらの可変範囲のバラツキを考慮し、図の上方にハッチング付きの帯で示すように、全気筒が共通して達成可能な範囲で、開きタイ

ミングおよび閉じタイミングの可動範囲を設定した。排気弁についても同様の方法により可動範囲を設定した。図4に示したマップは、こうして設定された可動範囲内で規定される。このように設定することにより、気筒ごとの作用角のバラツキによる影響を回避することができる。

【0042】

閾値 T_{ch} 以上の高負荷領域では、先に図4で示した通り、吸気管圧力は大気圧に維持される。かかる制御は、例えば、スロットルを全開に保持することによって達成することも可能である。本実施例では、スロットル運転とバルブ運転の過渡期におけるトルクショックを抑制するため、高負荷領域においてもスロットル開度を変化させるものとした。

【0043】

図6はスロットル開度を与えるマップを例示する説明図である。図の上方には負荷に対する吸気管圧力の変化を示した。図の下方にはスロットル開度の設定を示した。閾値 T_{ch} 以下の低負荷におけるスロットル開度は、先に図4で説明した通りである。即ち、吸気管圧力が大気圧に至るまで、負荷に応じて徐々にスロットル開度は大きくなる。吸気管圧力が大気圧になった時点で、スロットル開度は、必ずしも全開とは限らない。

【0044】

閾値 T_{ch} 以上の高負荷領域では、以下の4つの条件を考慮して、スロットル開度が設定される。

条件1（直線 L_{im1} ）：スロットル開度は全開以下であること；

条件2（直線 L_{im2} ）：各負荷における作用角で定常運転した時に、吸気管内を大気圧に保つことができる開度以上であること；

条件3（直線 L_{im3} ）：負荷変動に応じて作用角を変化させた時に、吸気管内を大気圧に保つことができる開度以上であること；

条件4：スロットル運転とバルブ運転時でスロットル変化が連続していること；

【0045】

一般に、作用角が広がるほど、吸気量が増えるから、吸気管圧力を大気圧に保

つために要求されるスロットル開度も大きくなる。従って、条件 2 を満たすスロットル開度は、直線 $L i m 2$ のように右上がりとなる。また、作用角を変化させた場合に、吸気管圧力を大気圧に保つために要求されるスロットル開度は、定常状態よりも大きくなる。従って、条件 3 に対応する直線 $L i m 3$ は、条件 2 に対応する直線 $L i m 2$ よりも大きい値となる。条件 3 は、実用上、要求される最大の変化速度で作用角を変化させた状態で、吸気管圧力を大気圧に保つことができるスロットル開度を、実験的または解析的に設定すればよい。

【 0 0 4 6 】

本実施例では、条件 1 ～ 3 を満足するスロットル設定領域において、条件 4 を満足するようにスロットル開度を設定した（直線 $L s$ ）。ここでは、負荷に応じて線形に変化する設定を例示したが、非線形に変化させてもよい。また、スロットル全開となる範囲を設けても良い。

【 0 0 4 7 】

C. エンジン運転制御：

図 7 はエンジン運転制御処理のフローチャートである。制御ユニット 1 0 0 が、繰り返し実行する処理である。この処理では、まず、制御ユニット 1 0 0 は、エンジンの要求回転数、負荷、吸気管負圧など制御に必要なパラメータを入力する（ステップ S 1 0）。要求回転数は、回転数センサ 2 3 の出力値を用いることができ、要求負荷はアクセル開度に基づいて設定することができる。

【 0 0 4 8 】

次に、制御ユニット 1 0 0 は、吸気弁および排気弁の作用角を変化させる速度（以下、バルブ変化速度と呼ぶ）について上限値を決定する（ステップ S 1 1）。本実施例では、吸気管圧力に応じて上限値を与えるマップを用いてこの設定を行う。図中にマップを例示した。図示する通り、吸気管圧力が比較的低い領域では、バルブ変化速度を抑制し、吸気管圧力が高くなるほど、バルブ変化速度を大きく設定した。こうすることにより、作用角を変化させている間も吸気管圧力を大気圧に保持することができ、吸気量を安定させることができる。

【 0 0 4 9 】

制御ユニット 1 0 0 は、図 4 ～ 図 6 で説明したマップに従って、スロットル開

度およびバルブタイミングを設定する（ステップ S 1 2）。各気筒の燃焼状態が悪化していない場合には（ステップ S 1 3）、設定されたスロットル開度およびバルブタイミングとなるよう、スロットル、吸気弁、排気弁の制御を行う（ステップ S 1 7）。燃焼が悪化しているか否かは、例えば、排気中の N O x 等の成分量、トルクショック、回転数変動などによって検出することができる。

【 0 0 5 0 】

燃焼が悪化していると判断される場合には（ステップ S 1 3）、内燃機関の出力が目標トルクと同等であるか否かを判断する（ステップ S 1 4）。かかる判断は、スロットル運転している場合にのみ行うものとしてもよい。目標トルクがほぼ達成されている場合には、図 4 に示した補正用のマップに従って、バルブタイミングの補正を行う（ステップ S 1 5）。つまり、燃焼を改善するよう、吸気弁および排気弁の閉じタイミングを遅らせる。目標トルクが達成されていない場合には、バルブタイミングは、ステップ S 1 2 で設定された値ではなく、以前からの値をそのまま適用し、現状の運転を継続する（ステップ S 1 6）。一般に、吸気量は、吸気管に設けられた流量センサによって計測するから、目標トルクが達成されていない状況、即ち、吸気管圧力が変動している状況で、バルブタイミングを変更すると、流量計測の精度低下に起因して吸気量制御が不安定となる可能性があるからである。こうして、バルブタイミングの設定値を補正した後、制御ユニット 1 0 0 は、スロットル開度およびバルブタイミングの制御を行う（ステップ S 1 7）。

【 0 0 5 1 】

以上で説明した本実施例の制御によれば、バルブ運転は、吸気管圧力がほぼ大気圧に保たれた状態で実行されるため、吸気量を精度良く制御することができ、トルクショックを抑制することができる。また、スロットル運転からバルブ運転への過渡期におけるトルクショックも抑制される。

【 0 0 5 2 】

以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいうまでもない。例えば、吸気弁、排気弁は、必ずしも電磁弁である必要はない

。また、制御は、ソフトウェア的に実現する他、ハードウェア的に実現しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施例としてのエンジンシステムを示す説明図である。

【図 2】

吸気弁および排気弁の動作を示す説明図である。

【図 3】

オーバーラップによる効果を示す説明図である。

【図 4】

切り換え用のマップを例示する説明図である。

【図 5】

作用角の設定方法を示す説明図である。

【図 6】

スロットル開度を与えるマップを例示する説明図である。

【図 7】

エンジン運転制御処理のフローチャートである。

【符号の説明】

1 1 …吸気弁

1 2 …排気弁

1 3 …点火プラグ

1 4 …アクチュエータ

1 5 …アクチュエータ

1 6 …インジェクタ

1 7 …吸気管

1 8 …排気管

2 1 …アクセル開度センサ

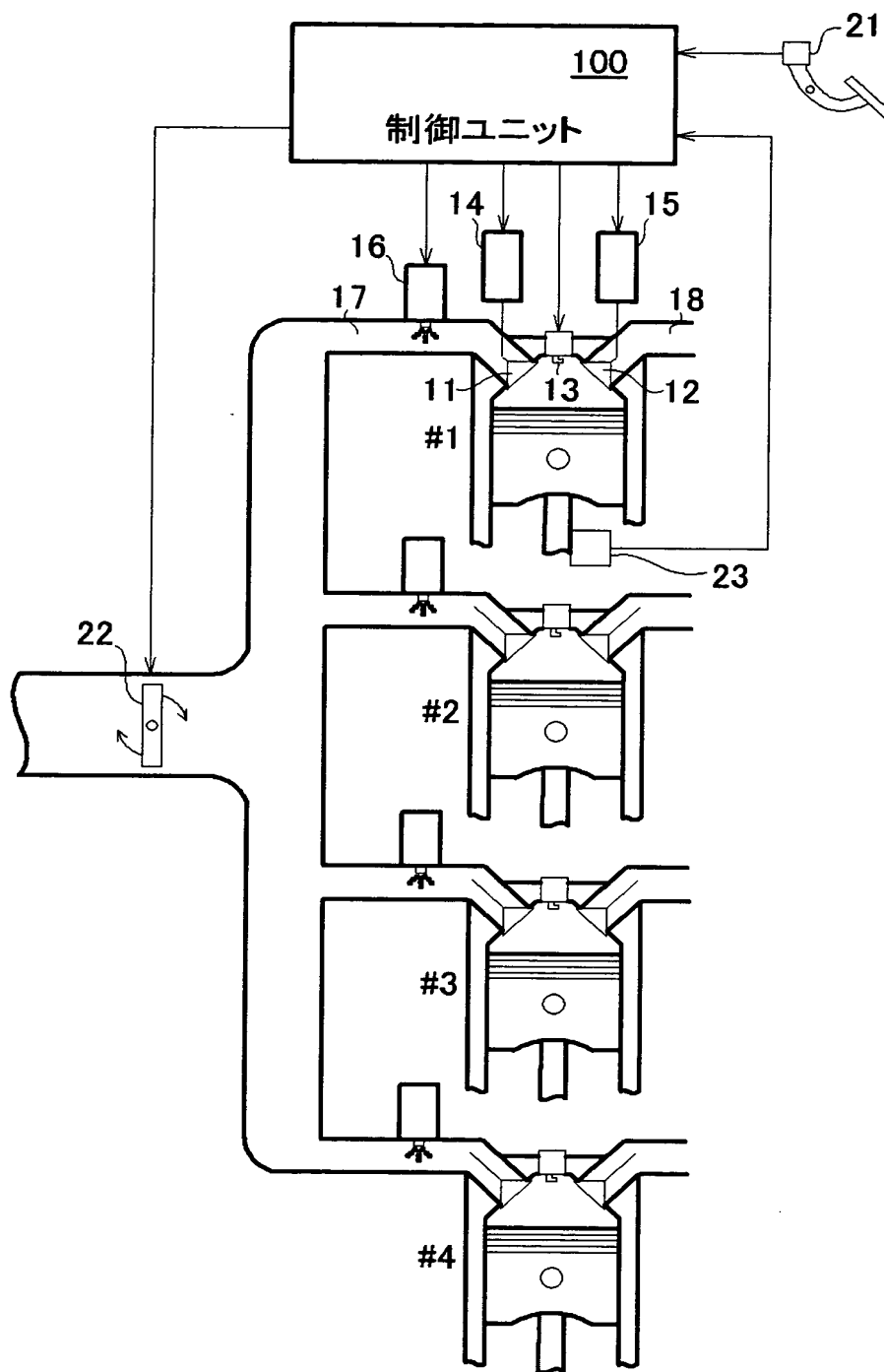
2 2 …スロットル弁

2 3 …回転数センサ

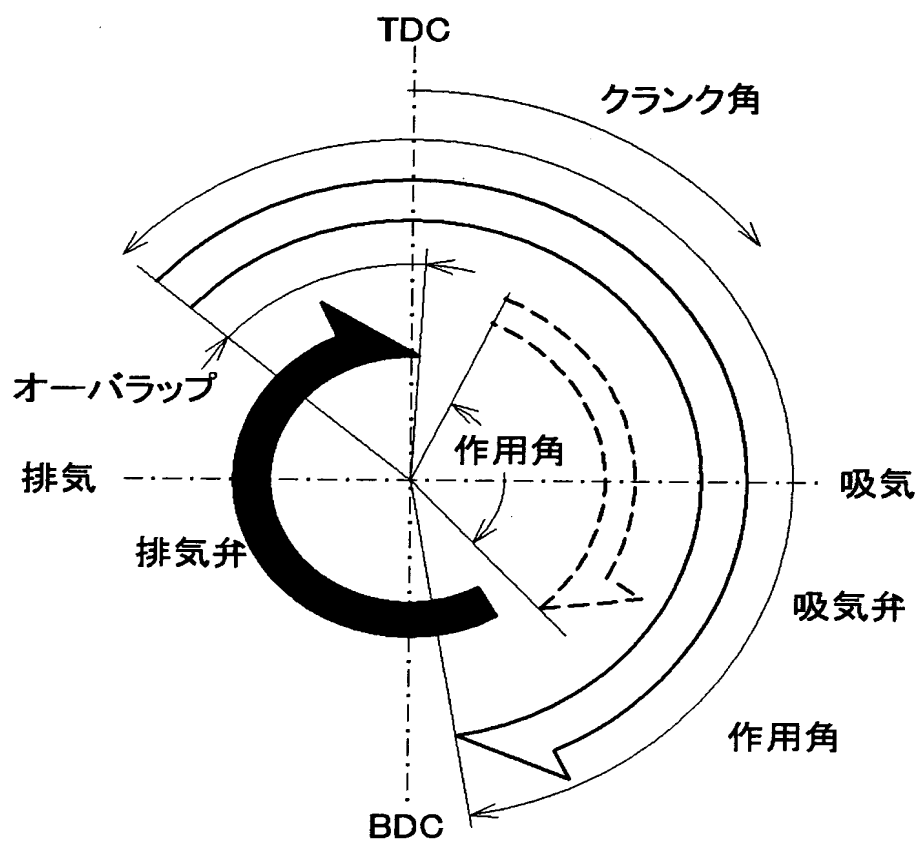
1 0 0 … 制御ユニット

【書類名】 図面

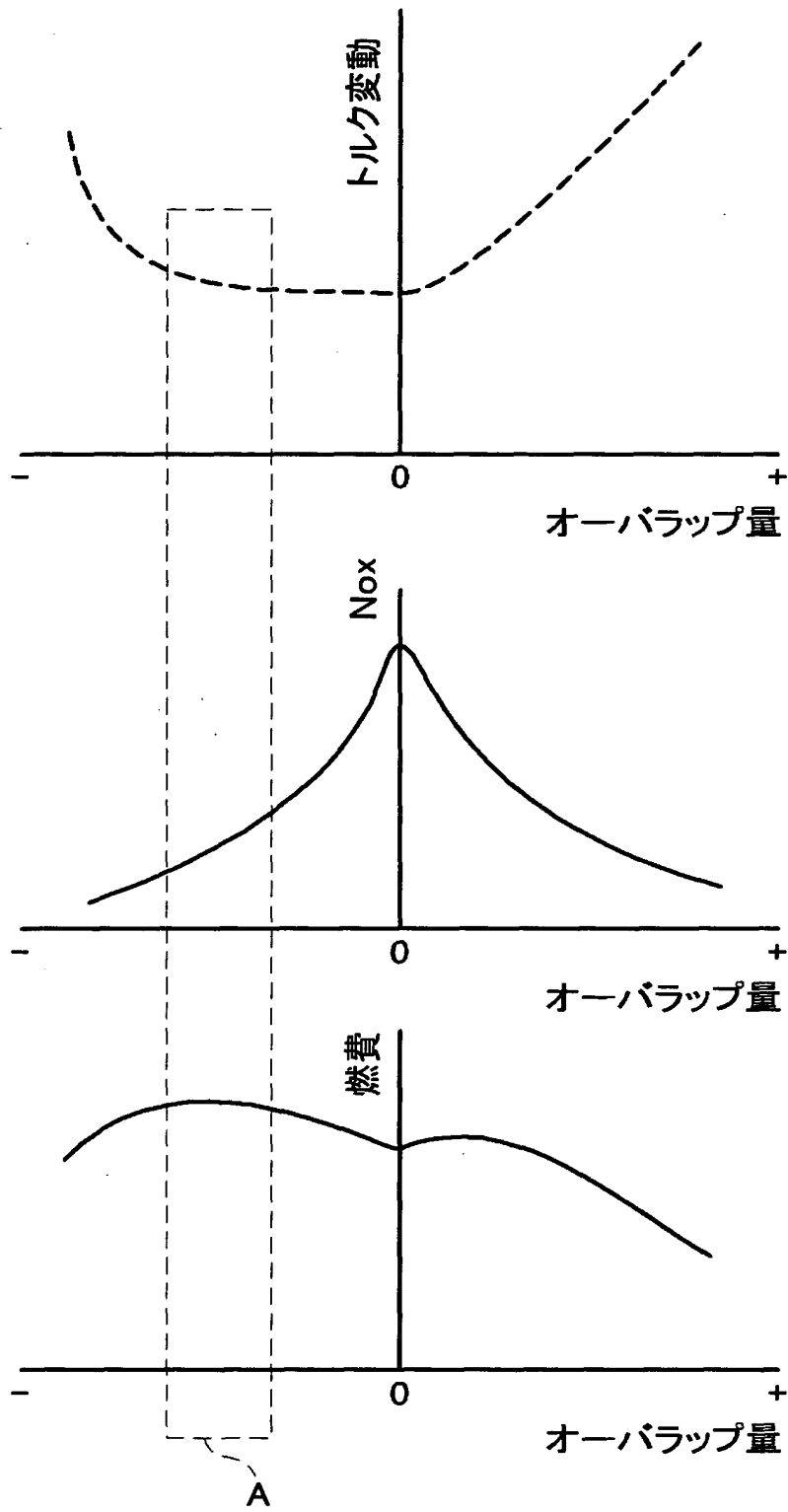
【図 1】



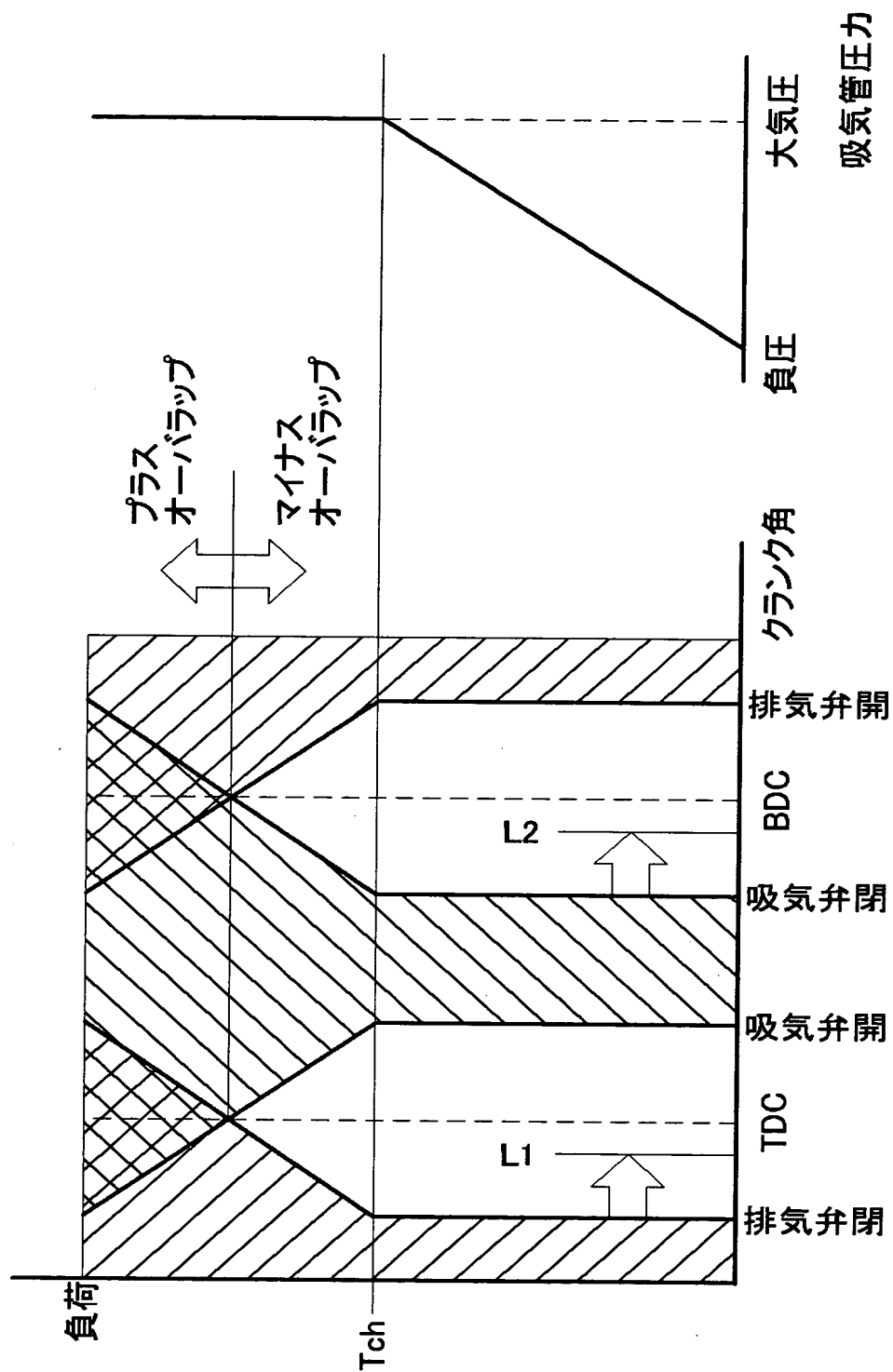
【図2】



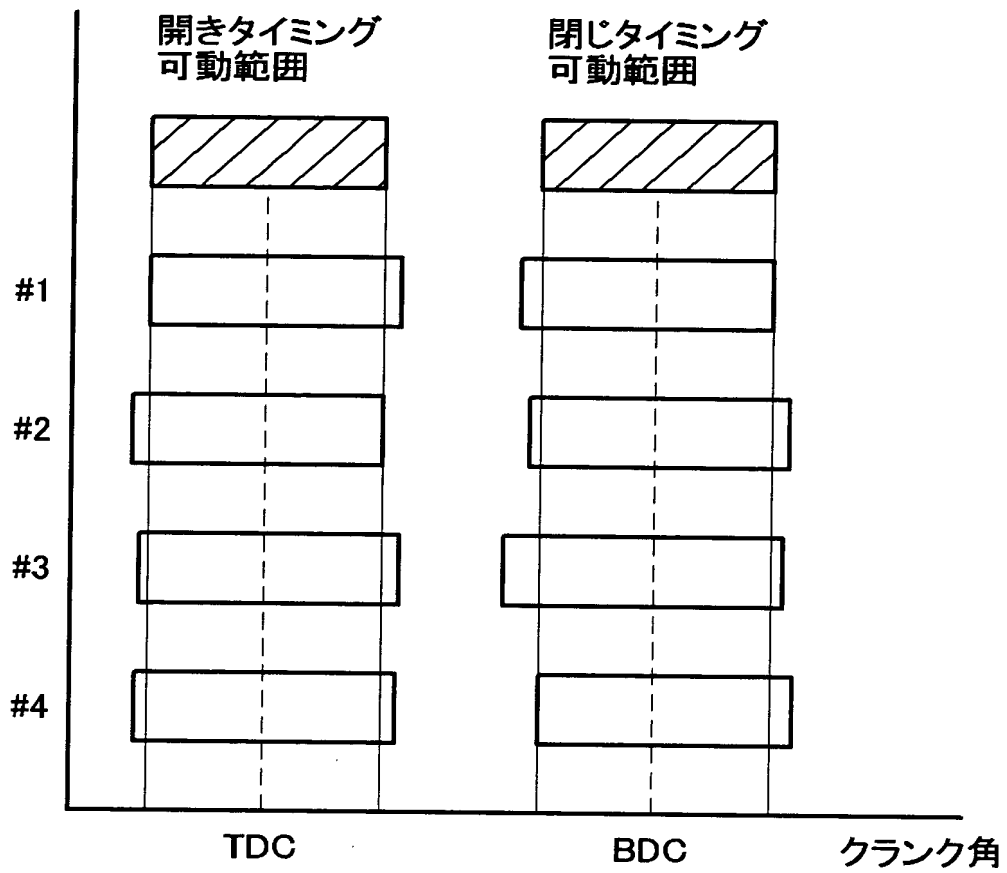
【図3】



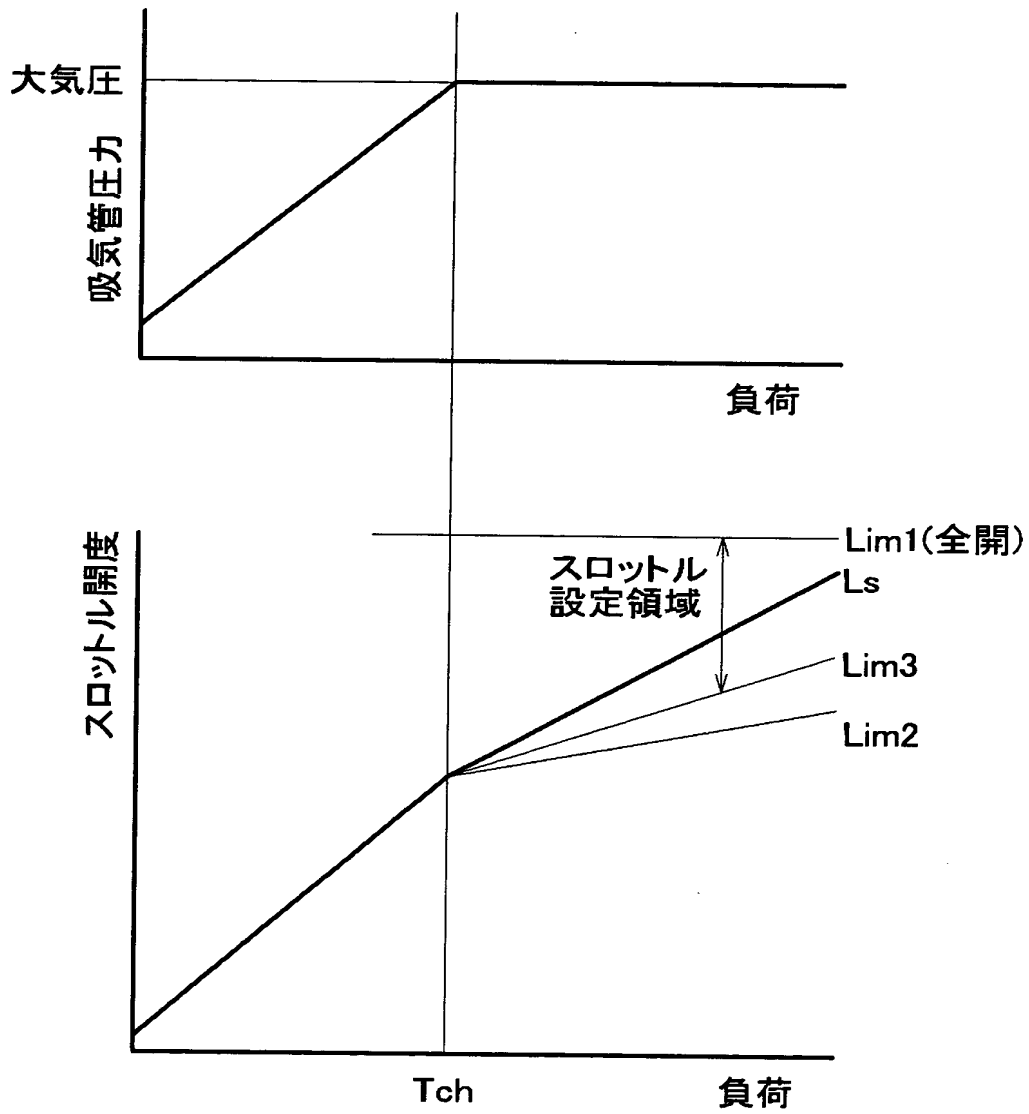
【図4】



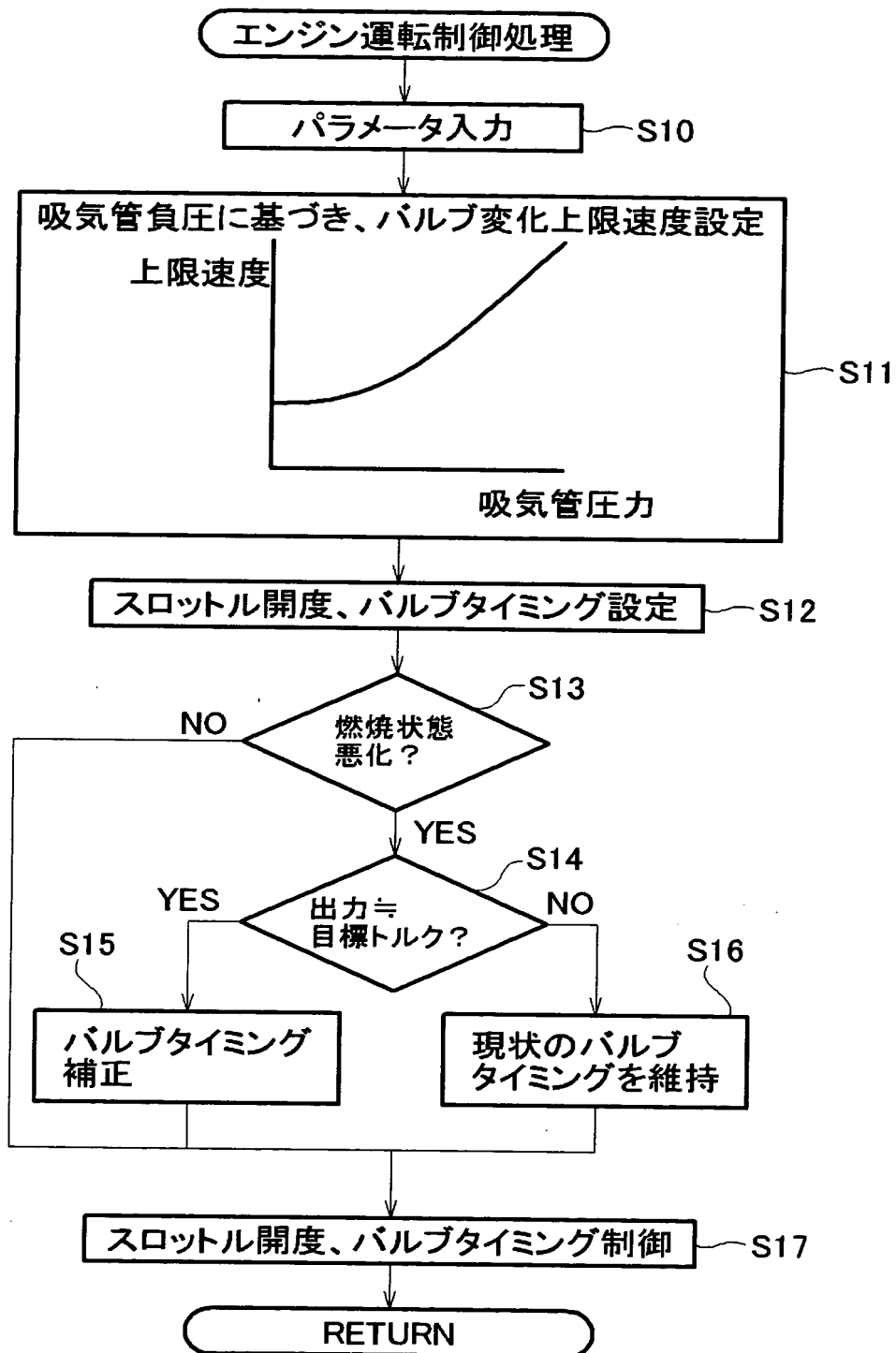
【図 5】



【図 6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可変動弁機構を備える内燃機関におけるトルクショックを抑制する。

【解決手段】 吸気弁の作用角を制御することにより、各気筒の吸気量を調整可能な可変動弁機構を内燃機関に設ける。低負荷領域では、吸気弁の作用角を最小とし、スロットル開度によって吸気量の制御を行う。低負荷領域では、排気弁と吸気弁とが同時に開いている期間を設けないよう、各弁の作用角を設定する。吸気管圧力が大気圧となる高負荷領域では、作用角による吸気量制御を行う。この際、スロットル開度は、作用角による吸気量制御を適用する前後に亘って、吸気管圧力を大気圧に保持できる状態に制御する。こうすることにより、作用角を変えた時に吸気管圧力の変動を抑制でき、精度良く吸気量を制御できるため、トルクショックを抑制することができる。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名	トヨタ自動車株式会社